

München, 1960

Strömungskalorimetrische Messungen
zur Bestimmung des
thermischen Widerstandes der Haut

von

RUDOLF MACK

Aus dem Balneologischen Institut
bei der Universität München
(medizinische und klimatologische Abteilung)

Vorstand : Prof. Dr. med. H. v. Braunbehrens

Strömungskalorimetrische Messungen zur
Bestimmung des thermischen Widerstandes der
Haut.

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Rudolf M a c k

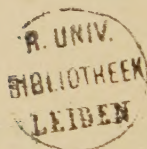
aus

Augsburg

1960

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. v. Braunbehrens
Dekan: Prof. Dr. Eyer
Tag der mündlichen Prüfung: 25. 10. 1960



Zusammenfassung :

Es wird in vorliegender Arbeit über Versuche mit dem von Hensel beschriebenen Strömungskalorimeter berichtet.

Das Kalorimeter wurde von uns teilweise für unsere Bedürfnisse abgeändert. Vor allem am Meßkopf nahmen wir Veränderungen vor. So wurde in ihm ein eigenes Thermoelement eingebaut, um mit ihm die genaue Wassertemperatur im Meßkopf festzustellen. Durch eine zusätzlich im Meßkopf eingebaute Heizspirale konnten wir die vom Warmwasserbereiter erzeugte konstante Wassertemperatur im Meßkopf beliebig steigern.

Bei einer Reihe von Versuchen, eingeteilt in drei Gruppen, zeigten sich folgende Ergebnisse :

In der ersten Versuchsgruppe ergab sich bei konstanter Wärmezufuhr an verschiedenen Körperstellen, daß sich die Haut im Stirnbereich am schnellsten auf veränderte Umweltsbedingungen einstellen kann. Den höchsten effektiven Gewebswiderstand zeigte die Haut im Brust- und Bauchbereich, den niedrigsten die Wangen- und Stirnhaut. Die meisten Variationen ergaben sich an der Fußsohle. Eine wesentlich über der normalen Hauttemperatur liegende Wärmezufuhr führte zu einer deutlichen Vergrößerung des effektiven Gewebswiderstandes.

In der zweiten Versuchsgruppe ließ sich feststellen, daß der effektive Gewebswiderstand - je nach Art und Ablauf der Wärmezufuhr - ein nicht zu erwartendes, entgegengesetztes Verhalten zeigte.

Eine Wärmezufuhr mit steigenden Temperaturen führte bis zur Höhe der Hauttemperatur zu einer Zunahme des Gewebswiderstandes,

der bei weiter steigender Temperatur wieder abfiel. Eine Wärmezufuhr mit rasch fallenden Temperaturen zeigte gerade das entgegengesetzte Bild.

Bei einer Wärmezufuhr mit langsam fallenden Temperaturen konnten wir eine deutliche lineare Zunahme des Gewebswiderstandes finden. Schließlich ergab ein rascher Wechsel mit größer werdender Differenz der Meßkopftemperaturen nach beiden Richtungen hin einen Abfall der Widerstandswerte.

In der dritten Versuchsreihe zeigte sich bei veränderten Umweltsbedingungen (Vollbad) eine deutliche Verringerung des thermischen Hautwiderstandes bei gleichzeitiger Erniedrigung der effektiven Gewebstemperatur.

In sämtlichen Versuchsgruppen konnten wir feststellen, daß sowohl die Hauttemperatur verschiedener Körperstellen gleicher Versuchspersonen, wie auch die Hauttemperatur verschiedener Versuchspersonen vollkommen verschieden sind.

Mit der Haut reagiert auch ^{der} subcutane Bereich, während tiefer liegende Körperpartien kaum auf einen lokalen äußeren Reiz ansprechen.

Die Wärme des menschlichen Körpers, die in der Hauttemperatur ihren äußeren und leicht erfaßbaren Ausdruck findet, beansprucht schon seit ältesten Zeiten das Interesse der medizinischen Welt.

Schon Hippokrates wußte die verschiedenen Wärmegrade der Haut zu deuten und Celsus zählte Calor, die Hautwärme, zu den vier Kardinalsymptomen der Entzündung. Beide wußten aber kaum Einzelheiten über die physikalischen, chemischen und physischen Vorgänge, die zur Erhöhung oder Senkung der Hauttemperatur führen oder die bei ihrer Beeinflussung ablaufen, wenn auch Hippokrates seine Schüler lehrte, beim Eingeweideschmerz warme Umschläge anzuwenden.

Doch kann man sicher annehmen, daß die Prüfung der Hauttemperatur auch schon in vorhippokratischer Zeit durchgeführt wurde, daß sie eine der ältesten ärztlichen Untersuchungsmethoden überhaupt ist. Dieses Prüfen erfolgte aber nur durch Befühlen der Körperoberfläche. Die Feststellung und Untersuchung der Körperwärme durch Befühlen befriedigte natürlich schon lange nicht mehr. Sie war zu sehr abhängig von der Wahrnehmungs- und Unterscheidungskraft der

Untersuchenden, also von seinen Sinnesorganen.

Jedoch erst im Jahre 1814 soll der Engländer Davy die ersten exakten Messungen vorgenommen haben. Seine Methode ist allerdings nicht bekannt (Cobet, 8). In Deutschland war es dann v. Bärensprung (Cobet, 8), der 1851/52 ausgedehnte Messungen aus physiologischen, pathologischen und pharmakologischen Gründen durchführte.

Im Laufe der Zeit fanden verschiedene Methoden Anwendung. Messungen wurden durchgeführt mit Quecksilberthermometern, Differentialluftthermometern und mit dem thermoelektrischen Kontaktverfahren. Es wurde auch die Wärmestrahlung gemessen, die von der Tatsache ausging, daß sich die Haut wie ein schwarzer Strahler verhält (Rubner, 33).

Die Hautoberflächentemperatur, die mit diesen Verfahren gefunden wird, gibt aber weder "ein exaktes Maß für die Wärmeabgabe der Haut noch für ihre Durchblutung" (Hensel, 19).

Zuverlässige und quantitativ verwertbare Ergebnisse lassen sich wesentlich besser durch kalorimetrische Registrierung des von der Haut abgegebenen Wärmestroms erzielen (Hensel, 19). Aschoff (1) hat die Vorteile und Nachteile der dazu verwandten Methoden gründlich besprochen, so daß deren

Diskussion hier entfallen kann. Es sei nur kurz erwähnt, daß es vor allem physiologische Gesichtspunkte sind, die der Strömungskalorimetrie unbedingt den Vorzug vor allen dazu angewandten Methoden geben.

In unserer Abhandlung sollen nun strömungskalorimetrische Messungen beschrieben werden.

Ziel unserer Untersuchungen war die Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit der Haut und damit ihres Wärmewiderstandes R , der umgekehrt proportional der Wärmeleitfähigkeit ist: $R = \frac{1}{\lambda}$.

Da Widerstand und Leitfähigkeit der Haut wesentlich von der Hautdurchblutung abhängen (Pfleiderer, 29; Hensel und Ruef, 20), sollen vor der Besprechung unserer Versuche zunächst die nötigen physiologischen Bemerkungen gebracht werden. Es soll der Reaktionsablauf bei Wärmezufuhr von außen dargestellt werden, wobei uns hier nur die direkten Anwendungen interessieren.

Wir unterscheiden hierbei strahlende und leitende Wärme. Die strahlende Wärme ist für unsere Versuche nicht von Bedeutung, sie wirkt erst am Orte der Absorption, die in den tieferen Hautschichten erfolgt (Lampert, 23). Die leitende Wärme hängt vor allem von der Wärmeleitzahl und der Wärmekapazität des Stoffes ab. Die Wärmeleitzahl λ eines Körpers ist die Wärmemenge, die in einer Sekunde durch den Querschnitt 1 qcm fließt, wenn in der dazu senkrechten Richtung die Temperatur auf 1 cm Länge um 1 Grad ab- oder zunimmt.

λ = cal/Grad cm sec.

Sie beträgt z.B. für Wasser 0,0013 cal/Grad cm sec. (Lampert, 23). Nach Hensel und Ruef (20) ist die Größe von λ durchblutungsabhängig. Sie ändert sich in geringem Maße mit dem Blutgehalt des Gewebes (konduktiver Wärmetransport), weit mehr aber mit der Störungsgeschwindigkeit des Blutes (konvektiver Wärmetransport). Auch Büttner (7) ist dieser Ansicht. Grayson (17) gibt auf Grund seiner Versuche an künstlich durchströmten Organen eine lineare Beziehung zwischen dem Zeitvolumen der Blutströmung und der Zunahme von λ an. Hensel und Ruef (20) fanden bei Durchströmungsversuchen mit luftleeren Schwämmen diese Beziehungen nicht bestätigt, wohl aber stellten sie bei physiologischer Durchströmung von isolierten Milzen annähernd lineare Beziehungen fest. Bei Versuchen an lebenden Muskeln war der Verlauf der Beziehung zwischen Durchblutung und der Zunahme von λ bei einer Wärmedifferenz zwischen den Vergleichsmeßstellen bis zu 4 Grad linear, während er bei höherer Wärmezufuhr im Sinne der Mehrdurchblutung abwich.

Für die Wärmeleitung sind also die Leitfähigkeit, die spezifische Wärme und die Strömungsverhältnisse des Wärmemediums von Bedeutung.

Bei jeder Wärmezufuhr unterscheiden wir den Wärmespend-
er und den Wärmeempfänger. Beim Wärmespend-er laufen die
Vorgänge entsprechend den physikalischen Gesetzen ab,
beim Empfänger, in unserem Falle dem menschlichen Körper,
spielen sich zunächst Reflexvorgänge ab, die zuerst die
Blutgefäße betreffen, daran schließen sich verschiedene
Stoffwechselvorgänge an (Lampert, 23).

Diese verschiedenen Vorgänge im menschlichen Körper, her-
vorgerufen durch die Wärmewirkung, können "nicht ohne wei-
teres aus den physikalischen Eigenschaften des Gewebes
und der von außen zugeführten Energiemenge berechnet werden.
Die Wärmewirkung hängt ganz wesentlich ab von der Reaktions-
und Funktionsweise des betreffenden Körpers. Durch Änderung
des physikalischen Milieus werden in ihm Reaktionen ausge-
löst, die geeignet erscheinen, die Auswirkungen der Umwelt-
einflüsse bis zu einem gewissen Grad aufzuheben. Es spielen
sich also zum Zwecke der Abwehr Regulationsvorgänge ab".
(Thauer, 35).

Nachdem bekannt war, daß der Wärmehaushalt des Körpers durch
Regulationsvorgänge geregelt wird, wurde viel Mühe auf die
Auffindung eines Wärmezentrums verwandt. Man fand es im Hypo-

thalamus und im Korpus striatum. Nachweisbar ist es bekanntlich durch den Wärmestich. Beeinflusst wird das Zentrum sowohl durch die Temperatur des Blutes als auch durch Wärme- und Kälterezeptoren der Haut. Bekannt ist aber, daß eine Wärmeregulation auch ohne Eingreifen des Nervensystems möglich ist. Davon soll weiter unten berichtet werden.

Diese Regulationsvorgänge sollen die normale Körpertemperatur erhalten. Dabei kommt es zu physikalischen und chemischen Vorgängen. Beide müssen sich ergänzen, obwohl für den Menschen die physikalische Regulation (der Begriff wurde von Aubner (32) geprägt) weitaus die wichtigere Rolle spielt, denn sie tritt vor allem im Bereich der Behaglichkeitstemperatur auf. Ober- und unterhalb der Behaglichkeitstemperatur kommt die chemische Regulation in Gang (König, 21).

Die physikalische Regulation dient dabei vorwiegend der Wärmeabgabe. Sie wird ermöglicht durch Änderung der Wärmestrahlung, Wärmeleitung und Wasserverdunstung, wobei die Faktoren abhängig sind von der Größe der Hautdurchblutung, Schweißsekretion, Perspiratio insensibilis und der Atemfrequenz (Thauer, 35).

Wie reagiert nun die Haut auf zugeführte Wärme ?

Hitzeeinwirkung führt zu einer starken Rötung der Haut, weil bereits durchblutete Kapillaren erweitert, nicht durchblutete eröffnet werden (Müller, 27; Landis, 24). Die Ursache für diese Kapillarerweiterungen sind noch nicht ganz geklärt. Wahrscheinlich spielen mehrere Faktoren eine Rolle :

- 1) eine unmittelbare Wärmewirkung auf die Kapillaren,
- 2.) Lewis (26) konnte zeigen, daß durch die Einwirkung erhöhter Temperatur auf die Hautzellen in diesen ein histaminähnlicher Stoff, H-Substanz genannt, frei wird, der in die Umgebung diffundiert und die Kapillaren erweitert,
- 3.) wirkt nach Gollwitzer-Meier (12, 13) und Gollwitzer-Meier und Bingel (14) das durch gleichzeitige direkte Reizung parasymphischer Nervenendigungen freiwerdende Acetylcholin dilatierend auf die Gefäße,
- 4.) können auch reflektorische Vorgänge eine Rolle spielen, die unabhängig vom Zentralnervensystem ablaufen können (Bier, 6).

Die allgemeine Erweiterung des Hautgefäßsystems müßte nun unbedingt zur Verblutung in die Peripherie führen, wenn nicht in anderen Gefäßgebieten eine Verengung der Gefäße auftreten

würde. Diese Tatsache ist schon lange als das Dastre-Moralt'sche Gesetz bekannt, das besagt, daß sich Haut-, Herz- und Nierengefäße gleichsinnig, die tieferliegenden Gefäße aber entgegengesetzt verhalten. Diese Tatsache wurde besonders von Rein (31) sehr schön demonstriert. Eine derartige Kompensierung ist aber nur möglich, wenn der Kreislauf nicht schon aus anderen Gründen zu sehr in Anspruch genommen ist. So können kranke Gefäße oft entgegengesetzt reagieren oder sie verlieren ihre Reaktionsfähigkeit in der Peripherie vollkommen (Müller, 27). Bekannt für eine anderweitige Inanspruchnahme des Kreislaufs ist der Kollaps, wie er im Bad nach einer großen Mahlzeit auftreten kann.

Auch im Wasserhaushalt können Verschiebungen auftreten. Sie finden ihren Ausdruck in einer vermehrten Hydraemie mit gesteigerter Wasserzufuhr zu Haut und Lungen. Es kommt zu vermehrter Schweißsekretion und zu einer Steigerung der Atemfrequenz.

Zusammenfassend kann also gesagt werden : bei der physikalischen Regulation regelt die Hautdurchblutung die Aufgabe der Wärmestrahlung und -leitung. Das fließende Blut wirkt hierbei als Kühl- und Heizstrom. Die bei Erwärmung entstehen-

de lokale Hyperaemie ist Schutz gegen lokale Übererwärmung. Für die Wasserverdunstung ist die Größe der Schweißsekretion und die Atemfrequenz maßgebend.

Neben der physikalischen Regulation tritt die chemische Regulation etwas in den Hintergrund. Ihre Aufgabe ist die Wärmebildung und deren Regulation. Sie bedient sich dazu einer Beeinflussung der chemischen Umsetzungen in Muskel und Leber. Schon Lavoisier (25) hatte gefunden, daß Tiere in der Kälte mehr O_2 aufnahmen als in der Wärme.

Die chemische Regulation kommt unter physiologischen Bedingungen folgendermaßen in Gang. Während die physikalische Regulation durch einen Reiz auf die Thermoreceptoren der Haut ausgelöst wird, hängen die von der chemischen Regulation hervorgerufenen Stoffwechseländerungen von der Kerntemperatur ab (König, 21). Beim Übergang von Kalt zu Warm läuft dieser Vorgang nach Thauer (35) ungefähr so ab :

- 1.) fällt mit zunehmender Außentemperatur der Stoffwechsel zunächst steil ab;
- 2.) wird auf jeden Fall eine Temperatur erreicht, über der diese Stoffwechselsenkung trotz steigender Außentemperatur nur noch gering ist oder ganz ausbleibt. Dies ist

die sogenannte Interferenzzone, in der dann die physikalische Regulation das Feld beherrscht;

3.) steigt schließlich über dieser Zone der Stoffwechsel wieder an (Grafe, 16).

Die chemische Regulation hat also vor allem Bedeutung bei normalen bis leicht erhöhten Temperaturen.

Selbstverständlich haben aber auch die bei dieser Regulationsart ablaufenden Vorgänge Einfluß auf das übrige Körpergeschehen, vor allem auf den Kreislauf. Es kann hier zu Übergängen kommen, die den Verhältnissen entsprechen, wie wir sie bei der physikalischen Regulation finden.

Obwohl beide Vorgänge so verschiedenartig ablaufen, kommt es wahrscheinlich doch bei beiden Regulationsarten auf dieselbe Weise zum Anlaufen der Reaktionen. Es ist sicher, daß bei thermischer Reizung nervöse Endapparate den Reiz aufnehmen und auf dem Nervenwege weiterleiten. Sensibler Ausgangspunkt für den Reflexbogen, der nervös-regulatorisch die Wärmeregulation in Gang bringt, sind wohl die Thermoreceptoren der Haut. Allerdings wurden auch bei rückenmarksexstirpierten Tieren Gefäßreaktionen beobachtet, die Wärmeregulation war also trotzdem noch intakt. Wahrscheinlich war hier das Blut

der Vermittler, denn das Anlaufen der Reaktionen erfolgte langsamer (Goltz und Ewald, 15 und Thauer, 36).

Übergeordneter zentraler Regulator ist das Wärmezentrum im Hypothalamus und im Corpus striatum, seine Schädigung kann erhebliche Störungen im Wärmegeschehen des Körpers hervorrufen.

Wo verlaufen nun die zentrifugalen Bahnen, die das Zentrum mit den Erfolgsorganen verbinden ?

Bei Halsmarkdurchtrennung (Schönborn, 34, Freund und Strassmann, 11) ergaben sich die gleichen Erscheinungen wie bei Entfernung des Zwischenhirns, während Brustmarkdurchtrennung nur Störungen in der Wasserabgabe zeigte. Man nahm daher an, daß die Bahnen für die physikalische Regulation das Brustmark passieren und von dort über den Sympathikusgrenzstrang zu den Gefäßen und Schweißdrüsen ziehen. Die Bahnen für die chemische Regulation dagegen sollen schon im Bereich des unteren Halsmarkes das Rückenmark verlassen und über das Ganglion stellatum zu Leber und Milz ziehen.

Neuere Beobachtungen zeigten nun, daß Tiere nach Halsmarkdurchtrennung und selbst nach Abtrennung des Zwischenhirns

sehr bald wieder ihren Wärmehaushalt regeln konnten (Thauer, 37, Thauer und Peters, 38). Auch am Menschen konnten Beobachtungen in der gleichen Richtung gemacht werden. Man muß also neben zentralen Regulationsmechanismen auch peripheren, vielleicht auch hormonalen, die Fähigkeit zusprechen, wärmeregulatorisch tätig zu sein, ohne daß man bisher sagen kann, wie man sich die Funktion und das Zusammenspiel der einzelnen Regulationen vorstellen soll und wie sie unter sonst physiologischen Verhältnissen ablaufen.

Noch schwieriger wird die Frage nach dem Ablauf der Reaktionen, seit man festgestellt hat, daß bei lokaler Erwärmung sowohl Erscheinungen gefunden werden, die dem Dastre-Moralt'schen Gesetz entsprechen, daß es daneben aber auch zu einer Hyperaemie der tiefer gelegenen Organe kommt, die dem gleichen Segment angehören. Sehr schön wurde dies von Freude (10) gezeigt, der experimentell die von v. Bergmann (5) geäußerte Ansicht bestätigen konnte, daß diese Hyperaemie der tiefer gelegenen Organe nicht durch Durchwärmung, sondern auf dem Wege eines cutaneo-visceralen Reflexbogens zustande kommt. Schließlich muß auch noch das Gesetz von der konsensuellen Reaktion, wie es Cobet (8) genannt hat, angeführt werden. Es ist dies die Tat-

sache, daß bei lokaler Erwärmung oder Abkühlung einer Hautpartie nicht nur die Gefäße der betroffenen Stelle reagieren, sondern sich diese Reaktion auf die ganze Körperoberfläche fortsetzt.

Zum Schluß noch einige Bemerkungen über die Hauttemperatur, die der Mensch im täglichen Leben zeigt und zur Wärmetopographie der Haut.

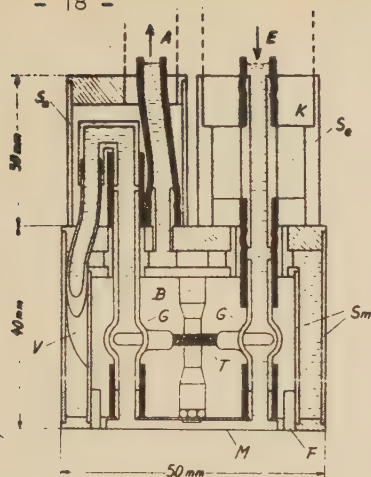
Die Hauttemperatur ist bei Bedeckung an allen Körperstellen ziemlich gleich groß. Nahrungsaufnahme bringt eine kurzfristige Temperaturerhöhung bis zu 3 Grad mit sich (Oehler, 28). Eine Erwärmung durch körperliche oder geistige Arbeit ist dagegen sehr gering (Hankel, 18, Berger, 4). Psychische Einflüsse jedoch, wie plötzliche Sinneseindrücke oder Suggestionen, können eine einseitige Steigerung der Hauttemperatur bewirken (Berger, 4). Allerdings ist der psychische Einfluß auf die Hauttemperatur nicht an allen Körperstellen gleich. So zeigen Körperstellen, die schon durch ihre anatomischen Beziehungen mehr erwärmt sind, eine Gefäßerweiterung viel weniger deutlich als kühlere Körperstellen. Es konnte beobachtet werden, daß psychische Hyperaemie des Gesichtes am Jochbogen eine höhere Hauttemperatur ermitteln ließ als an der Stirn, die nahezu unbeeinflusst bleibt (Reichenbach und Heymann, 30).

Zur Wärmetopographie kann gesagt werden, daß der Rumpf im allgemeinen etwas wärmer ist als die Extremitäten. Ferner ist die Hautdurchblutung der Hände und Finger besonders im Dienste der physikalischen Regulation weit mehr veränderlich, als dies an der übrigen Körperoberfläche der Fall ist (Aschoff, 2). Reichenbach und Heymann (30) konnten feststellen, daß in der Umgebung von Arterien eine höhere Temperatur herrscht, daß aber Hautstellen, die in der Nähe von oberflächlichen Arterien nur wenige Millimeter voneinander entfernt liegen, oft beachtliche Temperaturunterschiede aufweisen. Die Temperatur über Knochen und Sehnen ist wesentlich geringer als die über Muskeln (Kunkel, 22). Innere Organe, wie die Leber, üben keinen Einfluß auf die Oberflächentemperatur aus (Cobet und Braunigk, 9). Lediglich dem Gehirn kann man einige Bedeutung als Wärmereservoir zusprechen. Die Stirntemperatur ändert sich nämlich auf äußere Einflüsse wenig, während sich Änderungen der Innentemperatur sehr stark auf die Stirnhauttemperatur auswirken.

Beschreibung unserer Versuche .

Wie schon erwähnt, dienten unsere Untersuchungen der Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit der Haut und damit ihres Widerstandes. Zur Klärung und Deutung balneologischer Fragen erscheint das Verhalten des Wärmewiderstandes von Bedeutung. Dazu führten wir 15 Versuche durch, die in 3 Gruppen eingeteilt werden können.

Zu allen Versuchen verwandten wir das von Hensel (19) beschriebene Strömungskalorimeter. Es arbeitet nach folgendem Prinzip : in einem Gefäß wird Wasser mittels einer Umwälzanlage auf eine festzulegende gleichmäßige Temperatur gebracht und mit einer bestimmten Geschwindigkeit durch eine Meßkammer geleitet, die mit einem dünnen Silberblechboden der Haut aufliegt. Durch die Abgabe oder Aufnahme von Wärme durch die Meßkammer kommt es zu einer Temperaturdifferenz des in der Meßkammer zu- und abfließenden Wassers, die thermoelektrisch erfaßt wird. Aus der Größe der Meßfläche und der Strömungsgeschwindigkeit läßt sich die je Zeit- und Flächeneinheit abgegebene Wärmestromdichte in cal/sec cm^2 ermitteln. Aus den Werten des Wärmestromes lassen sich bei konstanten Bedingungen Durchblutungsänderungen erkennen.



Längsschnitt durch den Meßkopf.
 M Meßkammer. Sm doppelwandiger
 Schutzmantel. E Einstrom. A Ausstrom
 des Wassers. G Glasröhrchen. T Thermo-
 batterie. B wärmeisolierender Hart-
 gummi bolzen. F Flzring. V Verbindungs-
 röhrchen zwischen Meßkammer und
 Schutzmantel. S. Ansatzstück des zulei-
 tenden Metallschlauches. K Kork-
 isolation. Horizontale gestrichelte Schra-
 fferung: Wasser. Schwarze gestrichelte
 Schläuche.

Für unsere Zwecke führten wir einige technische Veränderungen am Meßkopf durch. So erwies es sich z.B. notwendig, im Meßkopf ein eigenes Thermoelement zur Registrierung der dort bestehenden Wassertemperatur einzubauen. Wir konnten nämlich bei Vorversuchen feststellen, daß auf dem Weg vom Warmwasserbereiter zum Meßkopf die Wassertemperatur teilweise erheblich sank. Sie sank umsomehr, je höher die Wassertemperatur im Warmwasserbereiter war. Bei einem dieser Vorversuche z.B. war die Temperatur im Warmwasserbereiter 28,0 Grad, im Meßkopf war sie um 0,2 Grad niedriger. Bei 42,0 Grad im Warmwasserbereiter betrug dagegen die Meßkopftemperatur nur 40,2 Grad.

Die Ursache dürfte wohl stärkerer Wärmeverlust im Wasserkreislauf durch vermehrte Strahlung bei der höheren Temperatur gewesen sein.

Die Strömungsgeschwindigkeit des den Meßkopf durchlaufenden Wassers betrug 60 ccm/min. Der vom Thermoelement im Meßkopf durch die Temperaturdifferenz des zu- und abfließenden Wassers erzeugte Strom beeinflusste ein Spiegelgalvanometer, dessen Ausschlag auf einer Meßplatte abgelesen werden konnte. Ein Skalenteil der Meßplatte war gleich $5,0 \cdot 10^{-5} \text{ cal/sec cm}^2$.

Als Versuchspersonen stellten sich dankenswerter Weise fünf Kollegen im Alter von 20 bis zu 33 Jahren zur Verfügung. Jede Versuchsperson wurde zu mehreren Messungen herangezogen. Das Körpergewicht lag zwischen 60 und 82 kg, die Körpergröße war ungefähr dieselbe, 174 cm im Durchschnitt.

Die Versuche fanden bis auf einen abends statt, nachdem ein meist anstrengender Tag hinter den Versuchspersonen lag. Die letzte Nahrungsaufnahme war durchweg mittags, ein Teil der Versuchspersonen raucht überhaupt nicht, ein Teil waren sehr starke Raucher.

Abgesehen von den Versuchen im Vollbad, lagen die Versuchspersonen nur mit einer Badehose bekleidet und zugedeckt bequem auf einem Ruhebett. Beginn der Versuche 30 Minuten nach Lagerung bei einer Raumtemperatur von 24,0 Grad.

Im folgenden sollen nun im Rahmen der drei Gruppen die Versuche, ihre Methodik und die Ergebnisse besprochen werden.

Erste Versuchsgruppe.

In der ersten Gruppe wurden 8 Versuche durchgeführt; Messungen an verschiedenen Hautstellen mit konstanter Wassertemperatur im Meßkopf sollten zeigen, welche Körperstellen den höchsten thermischen Widerstand zeigen und wieviel Zeit vergeht, bis sich die Haut auf veränderte Bedingungen eingestellt hat. Dies war dann der Fall, wenn der Galvanometerausschlag konstante Werte erreicht hatte.

Zu diesem Zwecke wurde je 2 x die Haut an Stirn, Wange, Brust, Bauch, Oberarm, Handfläche, Oberschenkel und Fußsohle gemessen. Vor und nach dem Anlegen des Meßkopfes wurde die Hauttemperatur der betreffenden Körperstelle mit einem Thermolement festgestellt. Änderungen der Scheinleitfähigkeit λ können, da die Temperatur des vom Meßkopf erfaßten Gewebes starken Schwankungen unterliegt, nur erfaßt werden, wenn die Temperatur des betroffenen Gewebstückes feststeht. Es ergibt sich dabei der Wärmestrom je Flächen- und Zeiteinheit und Temperaturdifferenz (zwischen Meßkopf- und Gewebetemperatur) in cal/sec cm^2 Grad C. Ihr reziproker Wert ergibt den Wärmewiderstandswert der Haut. Für diese erste Versuchsreihe haben wir als Arbeitshypothese die Hauttemperatur als für uns zunächst erfaßbaren Ausdruck der Gewebetemperatur verwandt.

Die Meßkopftemperaturen bei dieser Versuchsreihe waren immer

konstant, sie betrugen bei den ersten vier Versuchen 40,0 Grad, bei den folgenden vier Versuchen 34,7 Grad. Die Temperatur von 40,0 Grad wurde gewählt, da sie mit Sicherheit über der Hauttemperatur aller zu messenden Stellen lag. Die Meßkopftemperatur von 34,7 Grad ergab sich aus den Mittelwerten der in den ersten vier Versuchen festgestellten Hauttemperaturen.

Der Ablauf der Versuche ging wie folgt vonstatten : nach Bestimmung der Hauttemperatur wurde der Meßkopf angelegt. Im Abstand von 15 Sek. wurde der Ausschlag des Spiegelgalvanometers abgelesen, bis eine Beruhigung eintrat.

Bei den Versuchen mit der Meßkopftemperatur von 40,0 Grad war naturgemäß der Anfangsausschlag des Galvanometers sehr hoch, was dem starken Wärmegefälle vom Meßkopf zur Haut entspricht. Er bewegte sich um 10^{-2} cal/sec cm². Es erfolgte ein rascher Abfall der Meßwerte des Galvanometers, die dann langsam dem Ruhewert zugingen. Dieser Ruhewert schwankte zwischen $5,0 \cdot 10^{-3}$ cal/sec cm² und $1,5 \cdot 10^{-3}$ cal/sec cm².

Der Kurvenverlauf war annähernd hyperbolisch.

Etwas anders verhielt es sich bei den Versuchen mit der Meßkopftemperatur von 34,7 Grad. Während die Hauttemperatur oben ständig unter der Meßkopftemperatur lag, war sie bei der zweiten Versuchsreihe manchmal auch höher oder sogar gleich. Es handelte sich ja um den Mittelwert der Hauttemperaturen. Auch

hier wurde im 15 Sek.-Abstand der Galvanometerausschlag abgelesen. War nun die Hauttemperatur der Meßkopftemperatur gleich oder fast gleich, so waren auch die im 15 Sek.-Abstand abgelesenen Galvanometerwerte fast gleich, es ergab sich bis zur Einstellung der Ruhelage - graphisch dargestellt - annähernd eine Horizontale. Waren die Hauttemperaturen niedriger als 34,7 Grad, so verlief der Ausschlag wie oben bei den ersten vier Versuchen. Bei höherer Hauttemperatur ergab sich zwar auch eine hyperbolische Kurve der Galvanometerwerte, doch lag der Anfangsschlag im Negativen, entsprechend dem umgekehrten Wärmegefälle von der Haut zum Meßkopf. Nach Abnahme des Meßkopfes erfolgte erneut die Hauttemperaturmessung.

Zunächst die Beobachtungen über das Verhalten der Hauttemperaturen bei diesen acht Versuchen.

Obwohl bei allen Versuchspersonen der Meßkopf an den gleichen Körperstellen angelegt wurde, ergaben sich durchaus verschiedene Ruhewerte trotz konstanten Raumtemperaturen. Allgemein konnte festgestellt werden, daß die Hauttemperatur der Wange im Durchschnitt am höchsten, die Temperaturen der Fußsohle die niedrigsten waren. Für die übrigen Meßstellen ergaben sich große Schwankungen. Bei den Versuchen mit der Meßkopftemperatur von 40,0 Grad war die Hauttemperatur nach der Messung auf Grund der hohen Wärmezufuhr gegenüber dem Ruhewert natürlich wesentlich erhöht, aber auch diese Erhöhung läßt sich nicht in eine Beziehung zur zugeführten Wärme bringen.

Nicht einmal ein sinnvoller Zusammenhang zwischen dem Ausgangswert und der nach Abnahme des Meßkopfes erhöhten Temperatur ließ sich feststellen, weder bei der Versuchsperson an den verschiedenen Meßstellen, noch im Vergleich gleicher Meßstellen bei den verschiedenen Versuchen.

Bei den Versuchen mit der Meßkopftemperatur von 34,7 Grad lag die Hauttemperatur entweder gering über oder unter der Meßkopftemperatur. Meist ließ sich nach Abnahme des Meßkopfes feststellen, daß sich die Hauttemperatur der Meßkopftemperatur angeglichen hatte. Die über 34,7 Grad liegenden Hauttemperaturen erniedrigten sich in Richtung auf 34,7 Grad. Dagegen erfuhren die unter diesem Wert liegenden Hauttemperaturen eine Erhöhung.

Für das verschiedene Verhalten der Versuchspersonen kommen mehrere Ursachen in Betracht. Obwohl mit der großen Fläche des Thermoelementes ein ausreichender Hautbereich erfaßt werden kann, können doch sicher nicht bei allen Versuchspersonen an der Meßstelle die gleichen anatomischen Verhältnisse erwartet werden, zumal ja sicher nur der cutane und subcutane Bereich bei den Reaktionen erfaßt wird, wie wir bei den Versuchen in der zweiten Gruppe dann auch feststellen konnten. Es ist auch nicht bekannt, wie hoch der Prozentsatz der bereits vor dem Anlegen des Thermoelementes durchbluteten Kapillaren, wie groß also die Möglichkeit ist, durch Bluttransport die

zugeführte Wärme wegzubringen (Müller, 27, Landis, 24). Ferner hängt die gesamte Reaktions- und Funktionsweise vollkommen vom Gesamtorganismus der Versuchsperson ab. Und schließlich spielt auch unter Umständen - je nach Reizintensität - die konsensuelle Reaktion eine Rolle. Nach Cobet (8) ist dies die Tatsache, daß bei lokaler Erwärmung oder Abkühlung einer Hautpartie nicht nur die Gefäße der betroffenen Stelle reagieren, sondern sich diese Reaktion auf die ganze Körperoberfläche fortsetzt.

Auffallender und schwer zu erklären war aber bei fast allen Versuchspersonen das Verhalten der Hauttemperatur an einigen Meßstellen. Die Hauttemperaturmessung ergab nämlich bei einigen Bestimmungen Werte im Sinne von gegenläufigen Reaktionen. Sie traten vor allem bei Meßkopftemperaturen von 34,7 Grad auf. Lag der Ausgangswert der Hauttemperatur über 34,7 Grad, so kam es trotz des kühleren Meßkopfes zu einem Anstieg der Hauttemperatur, während einige der unter 34,7 Grad liegenden Hauttemperaturen nach Abnahme des im Vergleich zur Haut wärmeren Meßkopfes weit unter den Ruhewert abgesunken waren. Hier dürften sich wohl in verstärktem Maße die oben angeführten Gründe ausgewirkt und dann zu diesen gegensinnigen Reaktionen geführt haben.

Tabelle der gefundenen Hauttemperaturen

MK - Temp.	40,0 Grad										34,7 Grad					
	1		2		3		4		5		6		7		8	
	v.	n.	v.	n.	v.	n.	v.	n.	v.	n.	v.	n.	v.	n.	v.	n.
Vers.-Nr.																
HT vor u. nach dem Anlegen des MK																
Stirn	35,1	35,7	34,5	35,1	32,9	33,8	34,4	35,7	34,6	34,5	35,1	34,4	35,3	35,2	34,4	34,6
Wange	35,1	35,7	34,5	35,0	34,8	35,0	34,9	35,8	35,6	35,0	35,5	34,7	36,0	35,1	35,6	35,2
Brust	35,3	36,1	33,4	34,4	33,6	34,0	33,9	35,5	34,4	34,2	34,9	34,6	35,0	34,8	34,3	34,1
Bauch	34,6	35,3	33,6	34,1	33,3	33,9	33,8	34,9	34,1	34,6	34,8	35,1	35,2	34,6	33,9	33,9
Oberschenkel	34,7	35,1	33,7	34,1	33,0	34,4	34,7	35,9	33,8	34,1	34,7	34,4	34,9	34,0	34,0	33,7
Unterschenkel	34,2	34,8	33,6	33,9	34,1	34,6	34,2	34,4	33,8	34,1	35,5	35,0	34,6	34,6	33,5	34,0
Fußsohle	33,1	34,2	32,9	33,7	27,2	29,6	34,6	35,7	33,4	33,9	34,8	34,7	34,8	34,4	34,8	34,2
Oberarm	34,2	35,7	32,8	34,2	35,1	35,6	32,1	35,1	33,3	34,1	34,2	34,3	33,9	34,4	33,9	33,8
Handfläche	34,3	34,4	33,5	35,1	33,7	34,2	34,2	34,2	34,7	34,7	35,1	34,9	31,8	34,7	34,7	33,8

Vers.-Nr. 1 u. 5, 2 u. 6 usw. sind jeweils mit der gleichen Versuchsperson durchgeführt.

Wie schon dargelegt, wurde bei den ersten acht Versuchen nach Anlegen des Meßkopfes der Galvanometeraussschlag im Abstand von 15 Sek. abgelesen, bis der Galvanometeraussschlag konstant blieb. Bei den hohen Meßkopftemperaturen von 40,0 Grad war die Zeit bis zum Eintreten der Konstanz viel größer als bei den niedrigen Meßkopftemperaturen von 34,7 Grad. Dies ist leicht verständlich : denn durch die weit über der Hauttemperatur liegenden Meßkopftemperaturen war natürlich der Reaktionsablauf bis zur Einstellung des Gleichgewichts zwischen Meßkopftemperatur und Hauttemperatur, was die Konstanz des Galvanometeraussschlags darstellt, viel langwieriger. Es vergingen durchschnittlich 120 Sek. bis die Konstanz eintrat. Bei den Versuchen mit 34,7 Grad Meßkopftemperatur dagegen waren bis zur Beruhigung des Galvanometeraussschlags, von wenigen Abweichungen abgesehen, nur rd. 80 Sek. nötig. Dabei muß bemerkt werden, daß der Aussschlag bereits nach 30 Sek. den Ruhewert annähernd erreicht hatte und sich während der restlichen 50 Sek. nur noch ganz gering veränderte.

Die bei 40,0 Grad grundsätzlich hyperbolisch verlaufenden und bei 34,7 Grad hyperbolischen oder annähernd horizontalen Kurven können bei den verschiedenen Meßstellen der einzelnen Versuchspersonen nicht verglichen werden.

Vergleichende Beobachtungen gleicher Meßstellen verschiedener Versuchspersonen ergeben für die Meßstelle Stirn unabhängig von der jeweiligen Hauttemperatur die rascheste Einstellung des Gleichgewichts, gefolgt von der Meßstelle Wange. Am längsten dauerte die Einstellung konstanter Galvanometerwerte bei Messung am Fuß und am Unterschenkel. Hier taucht nun die Frage auf, ob die Verzögerung durch anatomische Gegebenheiten bedingt ist oder nur durch mechanische, weil, um ein volles Aufliegen zu gewährleisten, der Meßkopf stärker angepreßt werden mußte. Es kann dabei zu mechanischen Durchblutungsstörungen gekommen sein. Sicher spielt bei der Fußsohle auch die starke Verhornung der Haut eine Rolle. Wahrscheinlich treffen hier mechanische und anatomische Momente zusammen, denn auch die allgemein niedrigere Hauttemperatur an Unterschenkel und Fußsohle spricht für eine geringere Durchblutung. Ebenso gilt das rasche Einstellen des Gleichgewichts an Stirn und Wange als Zeichen besserer Durchblutung dieser kollateral versorgten Gebiete.

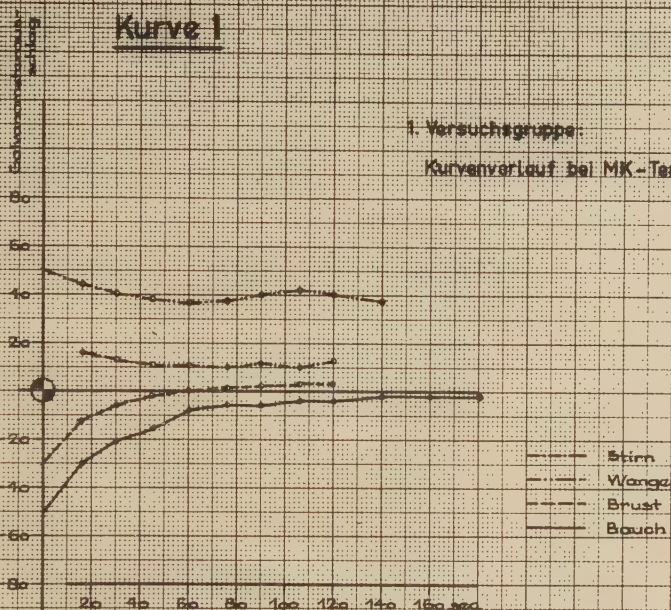
Schließlich war noch festzustellen, daß der Kurvenverlauf, abgesehen von obigen Vergleichsmöglichkeiten, bei der Meßkopftemperatur von 40,0 Grad bei gleichen Meßstellen viel größere Variationen bei den einzelnen Versuchspersonen aufweist, als bei den Temperaturen von 34,7 Grad, die der Körpertemperatur näher stehen. Bei diesen Temperaturen war der Verlauf bei gleichen Meßstellen der Versuchsreihe ziemlich ähnlich.

Interessant war im Verlauf der Versuche auch noch folgende Feststellung : es wurde bisher immer davon gesprochen, daß der Meßkopf bis zur Einstellung des Gleichgewichts, d.h. also bis der Kurvenverlauf horizontal war, an der Meßstelle belassen wurde. Es kam aber nie zu einem horizontalen Kurvenverlauf im strengen Sinne des Wortes. Vor allem bei den Meßkopftemperaturen von 34,7 Grad spielte das Galvanometer ständig im Bereich von 1-2 Skalenteilen. Es war also ein immerwährender leichter Wechsel zwischen Wärmezufuhr und Wärmeabtransport bzw. umgekehrt festzustellen. Ursache für dieses Wechselspiel dürfte eine jeweils gering überschießende Reaktion des lokal betroffenen Gefäßsystems an der Meßstelle auf die zugeführte bzw. abgegebene Wärme sein. Auch wir konnten hierbei, wie schon von Hensel (19) beschrieben, den Einfluß des Nikotins auf die Vasokonstriktion beobachten. Bereits zwei Züge an einer Zigarette von der Versuchsperson inhaliert, ergaben sehr rasch einen Galvanometerausschlag, der für einen verringerten Wärmeabtransport in der Haut, also für eine Vasokonstriktion sprach. Dieses Ereignis war aber bei der nur gering zugeführten Nikotinmenge von nicht allzu langer Dauer, denn schon bald zeigten sich wieder die normalen Werte.

Kurve 1

1. Versuchsgruppe:

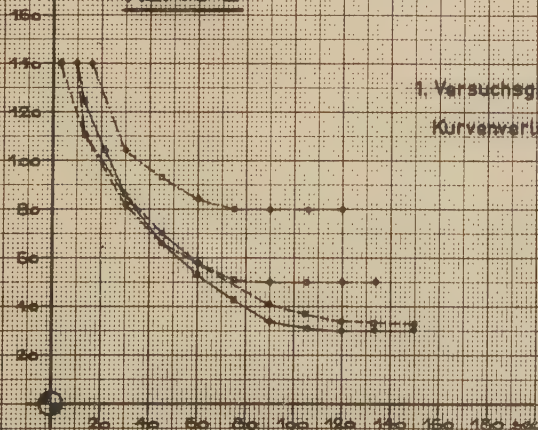
Kurvenverlauf bei MK-Temp. 34,7°



Kurve 2

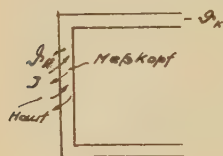
1. Versuchsgruppe:

Kurvenverlauf bei MK-Temp. 40,0°



Wie verhält es sich nun mit dem thermischen Widerstand der Haut ?

Zunächst die Voraussetzungen :



θ_H = HT nach Abnahme des MK

θ_K = MK - Temperatur

J = Wärmestrom vom oder zum MK

Ist R der Wärmewiderstand der Haut im Messkopfbereich, so gilt :

$$J = \frac{\theta_K - \theta_H}{R}, \quad R = \frac{\theta_K - \theta_H}{J}$$

Die rechnerische Auswertung des Wärmewiderstandes der verschiedenen Meßstellen ergibt folgende Ergebnisse :

Wir geben dabei die Werte in relativen Zahlen an, da uns eine Umrechnungsmöglichkeit noch fehlt. Dies gilt auch für alle folgenden Zahlenangaben.

Tabelle der gefundenen Wärmewiderstandswerte (R · 100) .

LK-Temp.	40,0 Grad					34,7 Grad		
	1	2	3	4	5	6	7	8
Vers.-Nr.								
Stirn	18,22	17,18	14,58	17,20	2,22	2,06	3,64	1,54
Wange	8,18	17,54	17,24	10,36	2,14	(0)	1,76	2,456
Brust	20,0	32,00	31,6	28,12	(0)	1,10	1,0	12,0
Bauch	28,48	36,86	35,88	31,88	4,0	6,14	1,42	13,2
Oberschenkel	18,14	31,88	21,64	16,72	12,0	(0)	7,50	20,0
Unterschenkel	20,0	37,10	21,60	22,50	13,32	8,0	12,0	46,6
Fußsohle	15,28	42,0	18,56	15,36	16,36	2,50	(0)	8,32
Oberarm	19,10	17,06	16,0	16,6	60,0	5,44	9,32	(0)
Handfläche	21,52	20,42	12,20	17,84	(0)	2,6	2,50	25,70

Wie aus der Tabelle zu ersehen ist, ist der Wärmewiderstand der Haut bei den hohen Meßkopftemperaturen von 40,0 Grad viel größer als bei den niedrigen Meßkopftemperaturen. Die Haut der Wange zeigt bei allen Versuchen durchschnittlich die geringsten Widerstandswerte. Sie ist auch eine Körperstelle, die sich sehr schnell veränderten Temperaturen anpaßt, da sich an ihr die Galvanometerausschläge sehr rasch auf konstante Werte einstellen.

Damit ist die Wange jene Stelle der Körperoberfläche, die am besten auf veränderte Temperaturen reagiert, und, da $R = \frac{1}{\lambda}$ ist, auch die beste Leitfähigkeit besitzt. An zweiter Stelle zeigt dann die Stirnhaut die nächst niedrigen Widerstandswerte.

Am höchsten ist der Wärmewiderstand der Brust- und vor allem der der Bauchhaut, gefolgt von dem der Hand. Die meisten Variationen zeigt die Haut der Fußsohle.

An der Hand kann dieses Verhalten wiederum durch die erhebliche Verhornung erklärt werden. An Brust- und Bauchhaut mag die Tatsache eine Rolle spielen, daß diese Gebiete durch die verhältnismäßig kleinen Intercostalarterien bzw. durch die entsprechenden, im Bereich der Lendenwirbelsäule aus der Aorta entspringenden Gefäße, nur schwach vaskularisiert sind. Siehe

lich haben auch die Kapillaren in diesem Bereich im Laufe der Zeit die Fähigkeit verloren, sich erheblich veränderten Umweltsbedingungen anzupassen, da diese Körperstellen ja ständig durch die Kleidung bedeckt sind. Sie haben durch das hierbei konstant vorhandene "Privatklima" eine eingespielte Regulation nicht nötig.

Ferner konnte bei der Berechnung der Wärmewiderstände festgestellt werden, daß der Hautwiderstand bei den einzelnen Versuchspersonen verschieden war. Bei der einen Versuchsperson ist also der Wärmewiderstand im ganzen gesehen größer bzw. kleiner. Die Mittelwerte schwanken dabei zwischen 8,69 bis 13,44 $\frac{\text{grad sec cm}^2}{\text{cal}}$ bei den Meßkopftemperaturen von 40,0 Grad und zwischen 1,43 bis 7,21 $\frac{\text{grad sec cm}^2}{\text{cal}}$ bei den Meßkopftemperaturen von 34,7 Grad.

Bei der Betrachtung der Widerstandsverhältnisse wurde bis jetzt immer von der Hauttemperatur ausgegangen, die nach dem Abnehmen des Meßkopfes festzustellen war und für J wurde der Endausschlag des Galvanometers eingesetzt.

Nimmt man nun für die Berechnung von R für die Hauttemperatur ihren Wert vor dem Anlegen des Meßkopfes und für J den Anfangsaus-
schlag des Galvanometers, zeigt sich folgendes :

Der Widerstand ist auch bei nur kurzem Anliegen des Meßkopfes bei den hohen Temperaturen verhältnismäßig größer als bei den niederen. Die Haut kann also bereits nach ungefähr 15 Sek.- das ist die Zeitspanne, die zwischen dem Anlegen des Meßkopfes und der ersten Ablesung des Galvanometerauschlages liegt, wesentlich stärker auf hohe Temperatureinflüsse reagieren. Im übrigen finden sich hier die gleichen Beobachtungen, die schon oben über die Leitfähigkeit an Brust- und Bauchhaut gemacht werden konnten.

Die Tabelle zeigt die Werte für R bei Beginn der Messung.
(R . 100).

MK - Temp.	40,0 Grad				34,7 Grad			
Vers.-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Stirn	7,6	8,2	10,8	8,6	1,0	5,4	3,2	3,4
Wange	7,6	8,2	8,0	7,8	3,4	2,8	4,4	3,6
Brust	7,4	18,0	9,6	9,4	1,4	1,6	2,6	2,6
Bauch	8,2	9,8	10,2	9,4	3,8	1,2	3,4	3,2
Oberschenkel	8,0	9,6	10,6	8,0	2,4	1,4	1,2	2,6
Unterschenkel	8,8	9,8	9,0	8,8	3,0	3,6	3,0	3,2
Fußsohle	8,8	11,0	7,4	12,0	2,2	3,4	3,6	2,0
Oberarm	10,6	10,8	19,6	8,2	3,8	0	4,4	3,2
Handfläche	8,6	10,0	9,4	8,8	0	3,4	1,2	0

Vergleicht man nun die Widerstandswerte zu Beginn und nach der Messung, kann man erkennen, daß bei der Meßkopftemperatur 34,7 Grad die Werte fast dieselben sind, bei der Meßkopftemperatur 40,0 Grad aber der Widerstand vor der Messung wesentlich kleiner ist, als nach der Messung.

Fassen wir nun die Ergebnisse dieser acht Versuche zusammen :

Zunächst die Ergebnisse der Hauttemperaturmessung, wobei wir uns jedoch darüber im Klaren sind, daß die dabei von uns angewandte Methode viele Fehlerquellen birgt. Es zeigte sich, daß trotz gleicher Umweltbedingungen, die Hauttemperatur gleicher Körperstellen bei verschiedenen Versuchspersonen deutliche Unterschiede zeigt. Durchschnittlich am höchsten ist die Temperatur der Wange, am niedrigsten die der Fußsohle.

Die erste Frage unserer Fragestellung bei dieser Versuchsreihe ließ sich dahingehend klären, daß sich die Stirnhaut am schnellsten auf veränderte Umweltbedingungen einstellen kann, während die Haut der Fußsohle und die des Unterschenkels dazu die längste Zeit benötigt.

Die zweite Frage konnte dahingehend geklärt werden, daß die Wangenhaut gefolgt von der Stirnhaut die niedrigsten, die Haut im Brust- und Bauchbereich den höchsten Wärmewiderstand

zeigt. Die meisten Variationen bestehen an der Haut der Fußsohle.

Eine wesentlich über der normalen Hauttemperatur liegende Wärmezufuhr ergibt eine deutliche Vergrößerung des Wärmewiderstandes.

Zweite Versuchsgruppe

Nachdem wir nun an verschiedenen Hautstellen die Widerstandsverhältnisse bei konstanten Temperaturen untersucht hatten, wollten wir auch feststellen, wie sich die Hautwiderstandswerte bei wechselnden Temperaturen verhalten. Als geeignetste Meßstelle erschien uns dabei die Haut am Oberschenkel, an dem der Meßkopf mit einer Manschette befestigt wurde. Gleich proximal vom Meßkopf lag ein Thermoelement zur laufenden Registrierung der Hauttemperatur.

Beim ersten Versuch dieser Gruppe arbeiteten wir mit zunächst von 28,0 Grad auf 40,1 Grad steigenden Meßkopftemperaturen, dann ließen wir sie wieder auf 28,2 Grad sinken. Bei diesem Versuch wurde durchlaufend erhitzt und deshalb der Galvanometerausschlag und die Hauttemperatur in dem Augenblick abgelesen, zu dem die Wassertemperatur im Meßkopf um je ein Grad gestiegen bzw. gefallen war.

Beim zweiten Versuch dieser Gruppe waren die Verhältnisse anders. Meßstelle war wieder der Oberschenkel, proximal vom Meßkopf war das Thermoelement zur Hauttemperaturmessung angebracht. Neben der Hauttemperatur wurde aber auch die unter dem Meßkopf herrschende subcutane und intramuskuläre Temperatur mit zwei eingeführten Thermonadeln festgehalten. Ferner kamen nur von 40,3 Grad auf 26,7 Grad fallende Temperaturen zur Anwendung.

Im Gegensatz zum ersten Versuch dieser Reihe erfolgte die Ablesung des Galvanometerausschlags der Haut-, Subcutan- und Intramuskulärtemperatur erst dann, wenn die Meßkopftemperatur genügend lange konstant geblieben war. Der Versuchsablauf war dabei folgender : nach dem Erreichen einer konstanten Meßkopftemperatur von 40,3 Grad erfolgten die oben erwähnten Ablesungen. Sodann ließen wir die Meßkopftemperatur um durchschnittlich 1,6 Grad absinken, wobei jeweils die entsprechenden Werte abgelesen wurden, sobald die Meßkopftemperatur konstant war. Es waren im ganzen elf Ablesungen, bis die Endtemperatur von 26,7 Grad erreicht war.

Beim dritten Versuch dieser Reihe verwandten wir zwei Warmwasserbereiter. Das Wasser konnte aus diesen über einen Zweigehehn in einen Meßkopf geleitet werden. Meßstelle war wieder der Oberschenkel. Abgelesen wurde der Galvanometeraus-
schlag, die Hauttemperatur, die Subcutan- und Sublingualtemperaturen. Acht Messungen fanden statt. Im ersten Warmwasserbereiter stieg die Temperatur zunächst von 38,7 auf 45,4 Grad (3 Ablesungen) und sank dann wieder auf 44,4 Grad (1 Ablesung). Im zweiten Warmwasserbereiter sank die Temperatur von 32,0 Grad auf 24,0 Grad (3 Ablesungen) und stieg wieder auf 24,2 Grad (1 Ablesung). Die Messungen begannen mit dem auf 38,7 Grad erwärmten Wasser des ersten Behälters, sodann wurde auf den zweiten Behälter umgeschaltet, dessen Temperatur 32,0 Grad be-

trug. Nach Ablesung aller Werte erfolgte wieder die Umschaltung auf den ersten Behälter. Die Temperaturdifferenz des den Meßkopf aus den verschiedenen Behältern durchfließenden Wassers wurde also immer größer.

In jedem Falle wurden im Abstand von einer Minute die erhaltenen Werte festgestellt, bis sich Temperatur im Meßkopf und Galvanometeraussschlag beruhigt hatten. Erst diese Endwerte dienten unseren Berechnungen.

Im folgenden sollen nun die Ergebnisse dieser drei Versuche beschrieben werden.

Bei der Untersuchung der Hauttemperatur, die proximal vom Meßkopf festgestellt wurde, zeigte sich, daß sich diese den jeweiligen Meßkopftemperaturen anpaßt. Die Werte liegen jedoch immer etwas unter bzw. über der jeweiligen Meßkopftemperatur. Wie schon bei den acht Versuchen der ersten Reihe können auch die hier für die Hauttemperaturen gefundenen Werte bei den einzelnen Versuchspersonen nicht zu einem sinnvollen Vergleich gebracht werden. Mehr als das Verhalten der Hauttemperaturen interessieren aber wieder Wärmewiderstand und Wärmeleitfähigkeit der Haut. Die Voraussetzungen für ihre Berechnung sind dieselben wie bei der ersten Versuchsreihe.

Beim ersten der drei Versuche wurde also fortlaufend von 28,2 auf 40,1 Grad erwärmt und dann wieder auf 28,2 Grad abgekühlt.

Die für den Hautwiderstand R und die Hautleitfähigkeit gefundenen Werte zeigen nun folgendes :

Nähert sich bei den steigenden Temperaturen die Meßkopftemperatur der normalen Hauttemperatur, kommt es zu einer Erhöhung des Hautwiderstandes. Dieser sinkt bei weiter steigender Meßkopftemperatur wieder langsam ab. Bei den fallenden Temperaturen ist es umgekehrt. Bei hoher Meßkopftemperatur ergibt sich ein hoher Hautwiderstand, der im Hauttemperaturbereich kleiner wird und bei den weiter fallenden Meßkopftemperaturen wieder zunimmt. Umgekehrt verhält sich dann natürlich die Hautleitfähigkeit. Für die im Bereich der normalen Hauttemperatur liegenden Meßkopftemperaturen sind die Werte für Widerstand und Leitfähigkeit jedoch sehr ungenau. Im Bereich von $\vartheta_K = \vartheta_H$ sind sich Widerstand und Leitfähigkeit gleich. Folgende Tabelle zeigt die Werte von R ,

1) bei steigenden

2) bei fallenden

Meßkopftemperaturen

ϑ_K	R · 100	ϑ_K	R · 100
28,2	20,0	40,1	12,8
29,0	25,20	38,7	14,6
31,8	80,0	36,8	4,2
xx 33,3	0	35,3	2,4
35,3	38,0	34,7	0
36,8	20,6	33,3	3,2
38,7	21,4	31,8	4,6
40,1	18,8	29,0	6,6
		28,2	7,6

bei xx $\vartheta_K = \vartheta_H$

Aus dieser Tabelle geht auch hervor, daß der Hautwiderstand bei den fallenden Temperaturen wesentlich geringere Werte zeigt, als bei den steigenden.

Besonders schön zeigt sich das Verhalten von Hautwiderstand und Leitfähigkeit in einer graphischen Darstellung. R und λ sind in ihrer Abhängigkeit von der Meßkopftemperatur dargestellt.

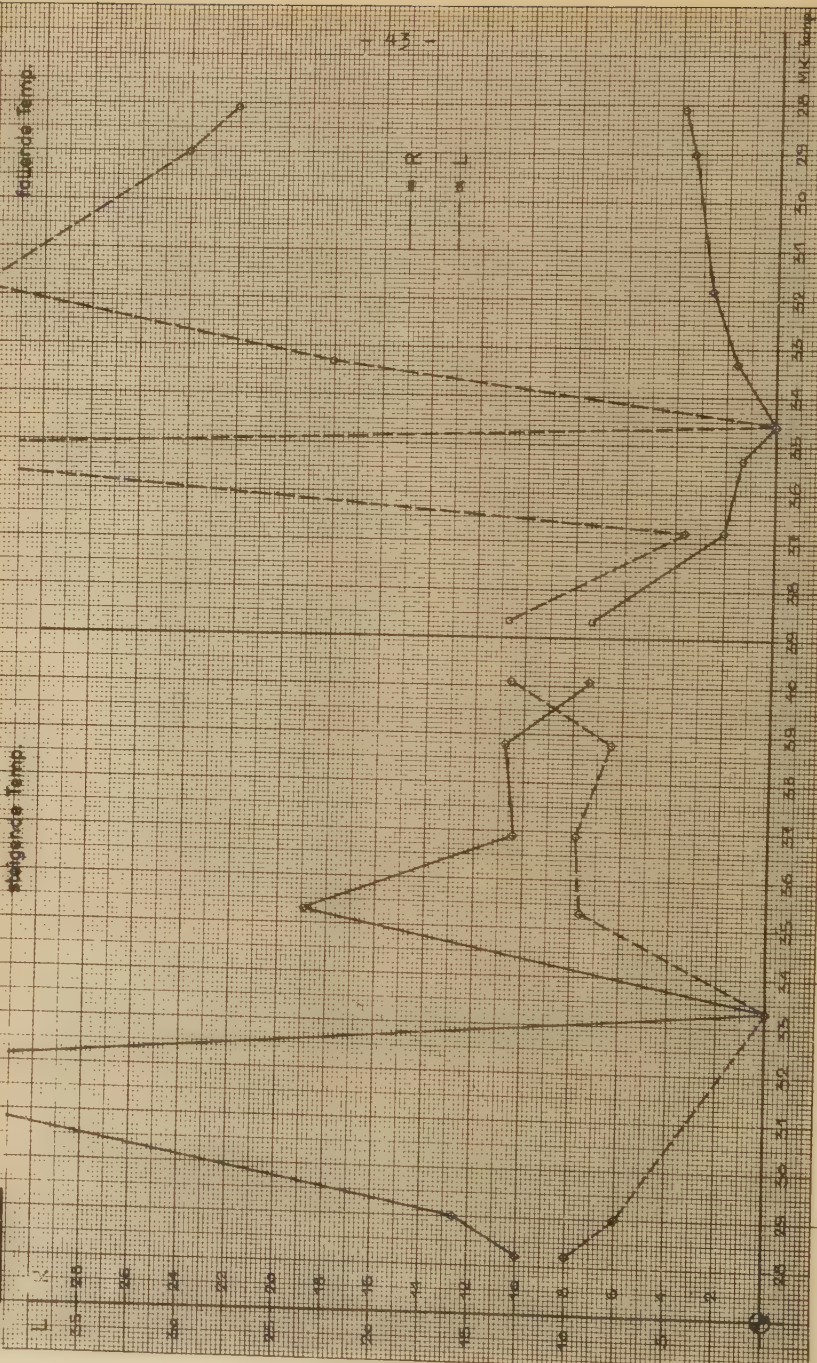
Kurve 3

steigende Temp.

fallende Temp.

- 43 -

— R —
- - - L - -



Im zweiten Versuch dieser Gruppe - die Temperaturen fallen von 40,3 auf 26,7 Grad - erfolgte die Ablesung erst dann, wenn sich Meßkopftemperatur und Galvanometeraussschlag beruhigt hatten, wenn sich also die Haut auf die veränderte Temperatur eingestellt hatte.

Da bei diesem Versuch neben der Hauttemperatur auch die subcutane und intramuskuläre Temperatur festgestellt wurde, soll zuerst ihr Verhalten beschrieben werden.

Die in 0,5 cm Tiefe gemessene Subcutantemperatur paßt sich in ihrem Verhalten der Meßkopftemperatur an, wenn sie auch die Maximal- und Minimalwerte der Meßkopftemperatur nicht erreicht. Im Bereich der normalen Hauttemperatur (34,7 Grad) sind sich die Werte fast gleich. Zu erwarten war auch das Ergebnis der in ungefähr 5 cm Tiefe festgestellten Intramuskulärtemperatur, die bei den hohen Meßkopftemperaturen fast konstante Werte um 36,3 Grad zeigte und nur bei den niederen Meßkopftemperaturen einen leichten Abfall bis auf 35,2 Grad aufwies.

Somit wieder zu Hautwiderstand und Leitfähigkeit. Im Gegensatz zum ersten Versuch der Reihe zeigte sich mit fallender Temperatur eine fast lineare Zunahme des Hautwiderstandes um ungefähr 70%. Wiederum sind die im Bereich der Hauttemperatur gefundenen Werte sehr ungenau. Eine genaue Widerstandsmessung ist also für kleine Differenzen zwischen Meßkopftemperatur und

Haut- bzw. Subcutantemperatur nicht möglich. Dies gilt vor allem für den Bereich, in dem obige Differenz kleiner als $0,3 - 0,4$ Grad ist. Schließlich zeigte sich, daß der Wärmestrom $J = 0$ genau mit dem Punkt zusammenfällt, zu dem die Meßkopftemperatur gleich der Subcutantemperatur ist.

Bei diesem Versuch wurde auch noch geprüft, wie sich die Verhältnisse bei einem Wiederanstieg der Wassertemperatur im Meßkopf gestalten. Nach Erreichen der Endtemperatur von $26,7$ Grad ließen wir die Meßkopftemperatur nochmals auf $28,6$ Grad ansteigen und konnten dabei einen wesentlich geringeren Abfall des Widerstandes beobachten, als auf Grund des Anstieges bei den fallenden Temperaturen anzunehmen gewesen wäre. Im Gegenteil scheint es fast zu einem weiteren Anstieg des Widerstandes zu kommen.

Die Tabelle auf der nächsten Seite zeigt die Werte von R und λ bei den entsprechenden Meßkopftemperaturen.

Die graphischen Darstellungen bringen das Verhalten von R und λ auf der oberen Skizze entsprechend der hier gebrachten Tabelle. Auf der unteren Skizze ist das Steigen von R bzw. das Fallen von λ von Messung zu Messung dargestellt.

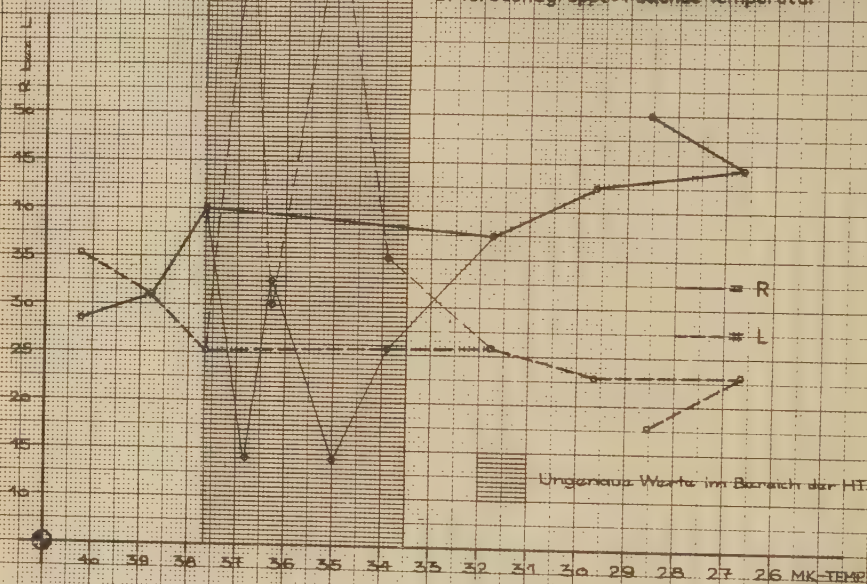
	R · 100	
40,3	28,3	35,6
38,8	31,0	32,2
37,7	40,0	25,0
36,8	14,0	70,0
36,3	33,0	30,0
35,0	14,0	70,0
33,9	26,8	35,0
31,8	37,6	26, 6
29,6	42,9	23,3
26,7	43,7	23,0
rückläufig		
28,6	50,0	20,0

} ungenaue Werte im Bereich der Hauttemperatur

$$R = 5 \cdot 10^{-5} \frac{\text{grad sec cm}^2}{\text{cal}}$$

Kurve 4

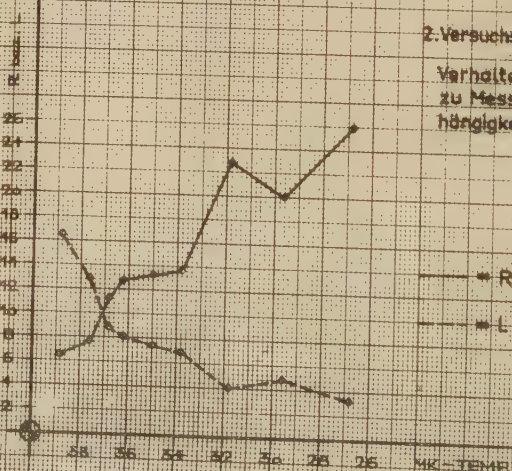
2. Versuchsgruppe: Fallende Temperatur



Kurve 5

2. Versuchsgruppe: Fallende Temperaturen

Verhalten von R und L von Messung zu Messung aufgezeichnet in Abhängigkeit zur MK-Temperatur.



Im dritten Versuch dieser Gruppe - zwei Warmwasserbereiter, größer werdende Temperaturdifferenz des den Meßkopf durchfließenden Wassers - erfolgte neben der Messung der Haut- und Subcutantemperatur auch noch die Messung der Sublingualtemperatur. Diese zeigte ständig konstante Werte. Die Haut- und Subcutantemperaturen paßten sich wiederum den jeweiligen Meßkopftemperaturen weitgehend an.

Da bei den beiden vorhergehenden Versuchen die Werte für Widerstand und Leitfähigkeit im Bereich der Hauttemperaturen sehr ungenau waren, schenken wir ihnen keine weitere Beachtung.

Das Verhalten von R und λ bei diesem Versuch zeigte folgendes : Bei den über der Hauttemperatur liegenden und weiter steigenden Meßkopftemperaturen kam es zu einer Abnahme des Hautwiderstandes und damit zu einem Anstieg der Leitfähigkeit. Aber auch bei den fallenden Meßkopftemperaturen, die unter der normalen Hauttemperatur lagen, konnte das gleiche Geschehen festgestellt werden.

Die Tabelle zeigt R und λ bei den

1) steigenden

2) fallenden

Meßkopftemperaturen

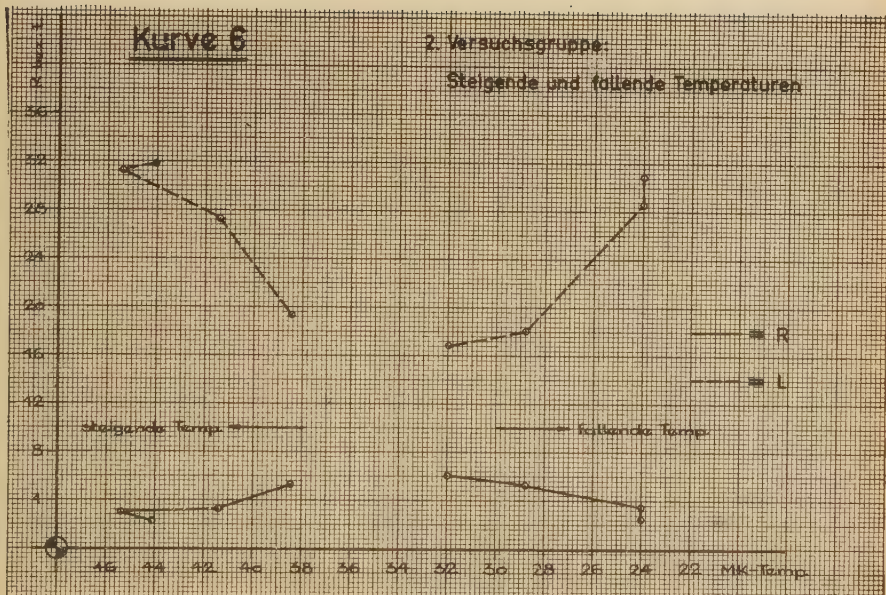
MK.-Temp.	R		MK.-Temp.	R	
38,7	5,24	19,8	32,0	5,23	16,7
41,7	3,60	26,7	28,7	5,61	18,0
45,4	3,21	31,2	24,0	3,46	28,6
rückläufig					
44,4	3,15	32,0	24,2	2,40	31,0

Die graphische Darstellung zu dieser Tabelle findet sich auf der nächsten Seite.

Kurve 6

2. Versuchsgruppe:

Steigende und fallende Temperaturen



Bei dieser Versuchsreihe fanden wir nun, daß sich das Verhalten des Hautwiderstandes an einer Körperstelle ganz nach der Art und dem Ablauf der Wärmezufuhr richtet. Der thermische Widerstand der Haut zeigte je nachdem, ob die MK-Temperaturen steigen oder fallen, ein ganz entgegengesetztes Verhalten.

Rasch und konstant ansteigende Meßkopftemperaturen bringen zunächst bis zur Höhe der normalen Hauttemperatur eine Zunahme des Hautwiderstandes, der bei weiterem Ansteigen der Meßkopftemperatur wieder fällt.

Rasch und konstant fallende Meßkopftemperaturen zeigen bis zum Sinken auf die Höhe der normalen Hauttemperatur ein Abnehmen des Hautwiderstandes, der bei weiterem Abfall der Meßkopftemperatur unter die normale Hauttemperatur wieder ansteigt.

Langsam fallende Temperaturen im Meßkopf zeigen im ganzen Meßbereich (in unserem Falle von 40,3 auf 26,7 Grad) eine deutliche lineare Zunahme des Hautwiderstandes.

Schließlich ergibt ein rascher Wechsel der zugeführten Temperatur, wobei die Differenzen zwischen den Meßkopftemperaturen immer größer werden, nach beiden Richtungen hin einen Abfall der Widerstandswerte.

Nun zu der letzten Gruppe unserer Versuche.

Als Meßstelle benützten wir Oberarm, Handfläche, Bauch, Oberschenkel und Fußsohle. Um einen raschen Wechsel der Meßkopftemperaturen zu erreichen und um die Arbeit zu erleichtern, wurde der Meßkopf wieder an einen Warmwasserbereiter angeschlossen, in dem eine konstante Temperatur herrschte. Dafür wurde aber in den Meßkopf eine Heizspirale eingebaut. Über einen Widerstand ließ sich die Spirale stärker oder schwächer erhitzen. Damit konnte auf den zweiten Warmwasserbereiter verzichtet werden.

Es kam uns nun bei dieser Versuchsreihe nicht so sehr auf die Verhältnisse an, die sich bei wechselnden Temperaturen ergeben. Vielmehr wollten wir feststellen, welche Änderungen sich ergeben, wenn die Haut sich in veränderter Umgebung befindet. Unser Augenmerk richtete sich auch dieses Mal vor allem auf die Änderungen des Hautwiderstandes.

Vier Versuche wurden durchgeführt. Hierbei war die konstante Wassertemperatur so festgelegt, daß sie jeweils bestimmt unter der Hauttemperatur lag.

Die Versuchspersonen lagen zunächst auf dem Ruhebett, der Meßkopf wurde an die oben erwähnten Hautstellen angelegt. Mit Hilfe der Heizspirale konnte dann die Meßkopftemperatur soweit erhöht werden, daß der Galvanometeraus Schlag gleich 0 war. Wir sehen darin die beste Methode zur Feststellung der

unter dem Meßkopf bestehenden, "effektiven Gewebstemperatur", die wir statt der bisher erfaßten Hauttemperatur in unsere Berechnungen aufnahmen. Die hierzu nötige Meßkopftemperatur wurde festgehalten und dann die Heizspirale ausgeschaltet. Nun wurde der Meßkopf also von Wasser mit konstanter Temperatur durchströmt. Der Meßkopf war kühler als die Hauttemperatur. Es kam zu einem entsprechenden Galvanometeraus-schlag, der aufgezeichnet wurde.

Nach Abschluß dieser Messungen an den fünf Körperstellen bei der liegenden Versuchsperson kam diese in ein Vollbad mit 38,0 Grad. Zum Anlegen des Meßkopfes wurde die betreffende Körperstelle kurz aus dem Wasser herausgehoben, abgetrocknet und ihr der Meßkopf so fest angelegt, daß kein Wasser zwischen Meßkopf und Haut eindringen konnte. Meßstellen und Ablauf dieser Versuche waren die gleichen wie oben.

Im Verlauf dieser letzten Versuchsreihe zeigte es sich, daß die mit Hilfe der Heizspirale im Meßköpf erreichte Temperaturerhöhung sich auch auf das Wasser im Warmwasserbereiter auswirkte. Und zwar stieg, wie zu erwarten, die Wassertemperatur an, wenn auch die Hauttemperatur hoch war, wenn also mit der Heizspirale stärker erwärmt werden mußte, um den Galvanometeraus-schlag gleich 0 zu erhalten.

Da es auf Grund der Versuchsbedingungen (Vollbad) zu lange gedauert hätte, die Temperaturkonstanz im Warmwasserbereiter

wieder zu erreichen, mußten wir uns mit kleinen Temperaturdifferenzen im Meßkopf bei abgeschalteter Heizung abfinden. Sie bewegten sich, abgesehen von einer einzigen Ausnahme, zwischen Werten von 29,6 und 30,8 Grad.

Zunächst wieder das Verhalten der Gewebstemperaturen :

Wie schon in den vorgehenden Versuchsgruppen die Hauttemperaturen, können die hier gefundenen Gewebstemperaturen verschiedener Körperstellen gleicher Versuchspersonen ebenso wenig miteinander verglichen werden, wie die Werte der Gewebstemperaturen gleicher Körperstellen bei verschiedenen Versuchspersonen. Es waren jedoch auch hier die Temperaturen der Fußsohle am niedrigsten.

Vergleicht man die Gewebstemperaturen der bei einer Raumtemperatur von durchschnittlich 24,0 Grad zugedeckt liegenden Versuchsperson mit denen, die im Vollbad von 38,0 Grad bestimmt werden konnten, so zeigte sich, daß diese trotz der Temperatur des Badewassers fast immer um ungefähr 0,5 bis 0,7 Grad unter der Gewebstemperatur der ruhenden Versuchsperson liegen. Es kommt im Bad also zu einer Verringerung der Gewebstemperatur. Auch diese Verringerung läßt sich nicht in ein Schema fassen, sie ist jedenfalls nicht von der ursprünglich vorhandenen Gewebstemperatur abhängig.

Die Berechnung des Hautwiderstandes zeigt bei der ruhenden Versuchsperson ungefähr die gleichen Werte und Ergebnisse, die wir schon früher bekommen konnten. Auch der Hautwiderstand an den verschiedenen Hautstellen bei der Messung im Vollbad entspricht den bisherigen Resultaten. Der Hautwiderstand im Vollbad ist aber gegenüber der bei der ruhenden Versuchsperson wesentlich verringert. Diese Verringerung macht bei fast allen Messungen mindestens 50% aus, liegt aber bei einigen Hautstellen, vor allem am Oberarm, um teilweise 100% über dem Hautwiderstand, der bei der ruhenden Versuchsperson festgestellt werden konnte. Sicher ist dies durch die allgemein bessere Hautdurchblutung im Vollbad bedingt. Es kann dabei aber auch die im Vollbad erniedrigte Hauttemperatur eine gewisse Rolle spielen. Eine Ausnahme macht die Fußhaut. Hier kommt es nämlich im Vollbad zu einer Erhöhung des Hautwiderstandes.

Die angeführte Tabelle soll die Veränderung des Hautwiderstandes im Vollbad gegenüber dem der ruhenden Versuchsperson zeigen. Die Grundlagen für ihre Berechnung sind dieselben wie bei den früheren Versuchen für die Berechnung von R.

. 100

Vers.-Nr.	1		2		3		4	
N= normal	N	V	N	V	N	V	N	V
V= im Vollbad								
Oberarm	11,3	3,9	9,1	5,8	4,4	3,4	1,1	4,4
Handfläche	7,5	4,9	4,8	4,1	7,4	3,5	6,1	5,8
Bauch	12,5	3,0	6,6	4,8	8,2	4,4	1,1	4,2
Oberschenkel	10,8	3,1	6,4	4,0	9,6	5,4	1,1	3,7
Fußsohle	2,9	3,4	6,4	8,0	1,9	2,6	2,1	1,1

$$= 5 \cdot 10^{-5} \frac{\text{sec cm}^2 \text{ grad}}{\text{cal}}$$

Vollbad fällt also die effektive Gewebstemperatur trotz der universellen Wärmezufuhr ab, gleichzeitig zeigt sich eine deutliche Verringerung des thermischen Widerstandes der Haut, die im Sinne einer Verbesserung des Wärmedurchganges zu werten ist.

- 1.) Aschoff, J.: Einige allgemeine Gesetzmäßigkeiten physikalischer Temperaturregulation. Pflügers Arch. 249, 125 (1947)
- 2.) Aschoff, J.: Zur Regulationsbreite der physikalischen Temperaturregulation. Pflügers Arch. 249, 137 (1947)
- 3.) Benedikt, F.G.: Die Temperatur der menschlichen Haut, Erg.d. Physiol. 24, 594, (1925)
- 4.) Berger, K.: Untersuchungen über die psychische Beeinflussung der Hauttemperatur. Juor. f. Psychol. u.Neurologie, 27, 209 (1922)
- 5.) v.Bergmann, G.: Handbuch der Inn. Medizin v. Mohr-Stachelin 5, II, 1100, Berlin (1925/26)
- 6.) Bier, A.: Hyperämie als Heilmittel. Virchows Arch., 147, 256 (1897)
- 7.) Büttner, R.: Über den Einfluß der Blutzirkulation auf die Wärmeverfrachtung in der Haut. Strahlentherapie, 53, 333, (1936)
- 8.) Cobet, R.: Die Hauttemperatur des Menschen. Ergebn.der Physiol. 25, 439 (1926)
- 9.) Cobet, R., u. F. Braunigk : Über Messung der Wärmestrahlung der menschlichen Haut und ihre klin. Bedeutung. Dt. Arch. f. klin. Medizin, 144, 45, (1925)
- 10) Freude, E.: Über viscerale Reflexe auf lokale thermische Hautreize - II. Mitteilung. Z. f. exp. Medizin, 53, 769 (1926)
- 11) Freund, H. u. Strassmann, F.: Beobachtung bei Halsmarkdurchtrennung an Säugetieren. Arch. f. exp. Pathologie, 69, 12 (1912)
- 12) Gollwitzer-Meier, K.: Die Hautgefäßwirkung der Bäder. Der Balneologe 1, 19 (1934)
- 13) Gollwitzer-Meier, K.: Kreislauf und Atmung im Bad. Der Balneologe 2, 289 (1935)
- 14) Gollwitzer-Meier, K.u. A. Bingel : Der Nachweis eines acetylcholinartigen Stoffes in der Haut. Arch.f.exp. Pathologie, 173, 173 (1933)
- 15) Goltz, F. u. J.R. Ewald : Der Hund mit verkürztem Rückenmark. Pflügers Arch. 63. 362 (1896)

- 16.) Grafe, E.: Über die chemische Temperaturregulation.
Handbuch der Biochemie, 9, 5 (1927)
- 17.) Grayson, J.: The Temperature of Men.
J. of Physiology, 118, 54 (1952).
- 18.) Henkel, F.: Zur Messung der Temperatur der menschlichen Haut.
Arch. f. Heilkunde, 9, 331 (1868)
- 19.) Hensel, H.: Ein neues Verfahren zur peripheren Durchblutungs-
registrierung an beliebigen Körperstellen.
Z. f. Kreislaufforschung 41, 251 (1952)
- 20.) Hensel, H. u. J. Ruef : Fortlaufende Registrierung der Muskel-
durchblutung am Menschen mit einer Kalorimetersonde.
Pflügers Arch. 259, 267 (1954)
- 21.) König, F.H.: Hauttemperatur und Wärmeregulation. Pflügers
Arch. 246, 693 (1943) und 247, 497 (1944)
- 22.) Kunkel, R.: Über die Temperatur der menschlichen Haut.
Z.f. Biologie, 25, 55 (1889)
- 23.) Lampert, H.: Grundlagen der Wärmebehandlung. In Rajewski und
Lampert : Erforschung und Praxis der Wärmebehandlung
in der Medizin (1937) Leipzig-Dresden
- 24.) Landis, E.M.: Regulation of Temperature. Heart, 15, 209 (1930)
- 25.) Lavoisier, A.L.: Oeuvres de Lavoisier, 2, 688 (1862)
- 26.) Lewis, Th.: Die Blutgefäße der menschlichen Haut und ihr Ver-
halten gegen Reize, Berlin (1928)
- 27.) Müller, O.: Die feisten Blutgefäße des Menschen in gesunden
und kranken Tagen, Stuttgart (1937)
- 28.) Öhler, K.: Über die Hauttemperatur des Menschen. Arch. f. klin.
Medizin, 80, 245 (1904)
- 29.) Pfleiderer, H.: Kontaktwärme und Wärmestrahlung. In Rajewski
und Lampert, Dresden-Leipzig (1937)
- 30.) Reichenbach, H. u. Heymann : Untersuchungen über die Wirkungen
klimatischer Faktoren auf den Menschen. Z.f.Hyg. u.
Inf.-Krankheiten, 57, 1 (1907).
- 31.) Rein, H.: Vasomotirische Regulationen. Erg.d.Physiol. 32, 28
(1931)
- 32.) Rubner, M.: Die Gesetze des Energieverbrauchs bei der Ernährung
Leipzig-Wien (1902)

- 33.) Rubner, M.: Thermische Studien über die Bekleidung des Menschen. Arch. f. Hyg. 23, 13 (1895)
- 34.) v. Schönborn, E.: Untersuchungen über den nervösen Mechanismus der Wärmeregulation. Z.f.Biologie, 56, 209 (1911)
- 35.) Thauer, R.: Physiolog. Gesichtspunkte zum Problem der Wärmebehandlung in Rajewski und Lampert, Leipzig-Dresden (1937)
- 36.) Thauer, R.: Wärmeregulation und Fieberfähigkeit nach op. Eingriffen am Nervensystem homiothermer Säugetiere. Pflügers Arch. 236, 102 (1935)
- 37.) Thauer, R.: Wärmeregulation bei Säugetieren. Bioklimatisches Beiblatt, 4, 1 (1937)
- 38.) Thauer R. u. G. Peters: Wärmeregulation ohne Hypothalamus. Verh. Gesellsch. inn. Med. 188 (1937).

Lebenslauf .

- 22.1.1930 In Augsburg als ältestes von 6 Kindern des Volksschullehrers Friedrich Mack und seiner Ehefrau Berta, geb. Wölflé, geboren.
- 1936-1940 Besuch der Volksschule Steppach b. Augsburg.
- 1940-1945 Besuch des Hum. Gymnasiums bei St. Anna, Augsburg.
- 1946-1949 Besuch des Hum. Gymnasiums bei St. Stephan, Augsburg.
- 13.7.1949 Reifeprüfung.
- 1950-1955 Medizinstudium an den Universitäten München und Innsbruck.
- Frühjahr
1952 Ärztliche Vorprüfung in München.
- Sommer
1955 Medizinisches Staatsexamen in München.
Abschluß mit der Note : Sehr gut.
- 1.8.1955-
30.11.1957 als Pflicht-Assistent und Assistenzarzt auf der Inneren Abteilung der Krankenhäuser in Neuburg/Do.
- 25.10.1956 Vollapprobation.
- Seit 1.12.1957 Assistenzarzt an der Chirurgischen Klinik in Augsburg.
- Seit 7.7.1955 verheiratet mit der Lehrerin Gertraud, geb. Feuchtinger. 3 Kinder, geboren 1956, 1957, 1959.

Augsburg, 17.8.59.

Rudolf Mack.

